

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 629.113

А. П. Карпинец, канд. хим. наук

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗИМНЕГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ СИНТЕЗА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

*Предложена принципиальная схема производства и выявлены оптимальные условия технологического процесса получения дизельного топлива из промышленных отходов синтеза поверхностно-активных веществ сульфонола НП-3. Топливо производят на стадии алкилирования бензола  $\alpha$ -алкенами в присутствии  $AlCl_3$ , а отделяют от детергентной фракции в колонне блока ректификации. Эксплуатационные и экологические свойства дизтоплива установлены с применением комплекса физико-химических методов исследования и квалификационных испытаний.*

**Ключевые слова:** зимнее дизельное топливо, технология производства дизтоплива, эксплуатационные и экологические свойства топлива, отходы синтеза ПАВ

#### **Введение**

В настоящее время, в связи с тенденциями непрерывного роста автомобильного парка во всех странах мира, нестабильностью и высокими ценами на нефть, а также постепенным истощением ее запасов, интенсивно проводятся исследования по изысканию и использованию моторных топлив, получаемых из сырья ненефтяного происхождения [1]. При этом основное внимание акцентируется на решении задач экономии природных ресурсов, повышении экономичности вновь создаваемой техники (в частности двигателей внутреннего сгорания (ДВС), экодиагностики двигателей, ноксологии и техносферной безопасности [2].

#### **Анализ последних исследований и публикаций**

Для решения таких актуальных проблем химмотологии, как создание новых видов топлив для двигателей, расширение сырьевой базы их производства, поиск альтернативных заменителей традиционных энергоносителей проводятся научные исследования [1, 2], строятся опытные заводы, переоборудуются автомобили для работы на новых видах топлива [1], предлагаются и реализуются инновационные решения для совершенствования рабочих процессов в ДВС, (например процесс Дуотермик в дизелях на биотопливе [3]), улучшаются показатели прецезионных методов испытаний автомобильных топлив [4] и экодиагностики двигателей [5], повышается чувствительность и точность определения их отдельных компонентов, следовых количеств примесей [6], а также целой гаммы токсикантов в отработавших газах (ОГ) ДВС с использованием комплекса самых современных физико-химических методов исследования [7, 8].

Сформулированы основные требования к качеству и свойствам новых видов топлив [2, 3]: чтобы их применение не ухудшало бы эксплуатационные показатели автомобилей, не требовало коренного изменения конструкции двигателя, топливной аппаратуры и условий хранения топлива на борту автомобиля. Существенно, чтобы стоимость новых топлив была сопоставима со стоимостью традиционных видов. И особое требование к альтернативным топливам – снижение вредного воздействия эмиссии ОГ автомобильных двигателей на окружающую среду и здоровье человека [5].

При интерпретации результатов обсуждаемой проблемы обращают на себя внимание два обстоятельства. Прежде всего различный уровень теоретических и прикладных исследований ее отдельных аспектов – от стадии выработки концепции до внедрения в производство. И далее, в связи с этим – сферы, регионы и сроки прогнозируемого получения и реализации новых видов топлив. К примеру, уже сейчас разработаны технологии получения метанола из синтез-газа с последующим превращением его в углеводороды бензина с высоким октановым числом (92–100) [3]. Более того, применение специальных катализаторов позволяет получать бензин из угля и природного газа, минуя стадию выделения метанола как отдельного продукта. Практическое использование этих технологий целесообразно только вблизи мест добычи угля и природного газа [1].

Для расширения сырьевых ресурсов дизельного топлива в районах газовых месторождений Западной Сибири и Крайнего Севера допущены к применению газоконденсатные, широкофракционные летние (ГШЛ), зимние (ГШЗ) и арктические (ГША) дизтоплива [3]. К недостаткам этих топлив следует отнести их низкую температуру начала кипения, что приводит к образованию паровых пробок в топливной системе и ухудшению запуска двигателя.

В настоящее время широко используются синтетические топлива: метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), метанол и этанол, которые в виде добавок (10–15 %) вводятся в автомобильные бензины с целью их удешевления, улучшения экологических характеристик и устойчивости к детонации, а в стандартах непременно указывается концентрация оксигенатных соединений [4]. К тому же применение кислородсодержащих компонентов в бензинах США и ряда других стран является обязательным [1].

Реальные возможности, сопоставимые с бензинами, характерны и для использования спиртов (добавки 15–20 %) в дизельных двигателях – при этом улучшаются низкотемпературные свойства топлив, снижается их вязкость и плотность, смеси не вызывают коррозии и сохраняют чистоту всасывающей системы двигателя. Вместе с тем уменьшение цетанового числа топлива вызывает необходимость конструктивных изменений двигателя и алгоритма его работы [2].

В настоящее время в качестве перспективных топлив для автомобильных двигателей все более широкое применение получают биотоплива, сырьем для производства которых служат возобновляемые источники растительного сырья [1, 9]. Такой подход к поиску нетрадиционных топлив позволяет решить две актуальные проблемы: экономии природных ресурсов, прежде всего нефти, и снижения загрязнения окружающей среды.

Выявлена и реализована возможность использования в качестве топлив для дизелей автомобилей с рабочим процессом «Дуотермик» нерафинированных растительных масел [3]. В концепцию применения биотоплива заложены три основных принципа, которые обеспечивают ее исключительную значимость для энергетики и экономики будущего: нейтральность по выбросам CO<sub>2</sub>; возобновляемость источников энергии; децентрализация энергоснабжения [3].

Характерно, что из всех альтернативных топлив, пригодных и, что самое существенное, удобных для применения в качестве моторных топлив растительные масла (на основе рапса, его метиловых эфиров и др.) [1, 9] обладают свойством замкнутого цикла по CO<sub>2</sub>. При этом нейтральность по выбросам CO<sub>2</sub> в случае использования биотоплива обеспечивается замкнутым циклом, поскольку диоксид углерода, выделившийся при сгорании биотоплива, ранее был поглощен в этих же количествах растениями, из которых было выработано топливо, и они вновь поглотят этот газ в процессе своего дальнейшего воспроизводства [3].

В будущем биомасса в целом может более широко использоваться для производства моторных топлив, в особенности в тех странах, где имеется дефицит природных горючих ресурсов, но благоприятный теплый климат и наличие свободных земель, например в Бразилии [2]. Здесь уже сейчас на этаноле, полученном из сахарного тростника, работает свыше 1 млн автомобилей и поставлена задача перевести на него весь автопарк страны [2].

### **Постановка проблемы**

Потенциальным сырьем для получения автомобильных топлив могут быть промышленные отходы предприятий нефтехимического и химического комплексов. Отходы нефтехимии – эфирная «головка», кубовый остаток в синтезе бутиловых спиртов, метилаль-метанольная фракция производства изопрена диоксановым методом обладают ценными эксплуатационными свойствами и применяются в качестве высокооктановых компонентов бензинов [5]. Вместе с тем возможности рационального использования отходов синтеза поверхностно-активных веществ (ПАВ) до сих пор не реализованы.

Среди выпускаемых в России, Украине и других странах многотоннажных ПАВ наиболее эффективен по своим моющим свойствам, гидролитической и термической стабильности, а также способности к биоразлагаемости – сульфонол НП-3. В то же время процесс его производства, как и других ПАВ, сопровождается образованием значительного количества сточных вод и углеводородов. Если проблема защиты водоемов от загрязнения сточными водами в основном решена (сочетают водооборот с различными локальными методами их очистки) [10], то накапливающиеся в качестве побочных продуктов алкиларены и циклано-алкановые соединения до сих пор не находили квалифицированного применения.

Это обусловлено, по мнению автора, двумя обстоятельствами: сложностью всего технологического процесса синтеза ПАВ и в особенности стадии алкилирования бензола  $\alpha$ -алкенами  $C_{10} - C_{14}$  в присутствии  $AlCl_3$ , при которой, наряду с целевой, протекает несколько побочных реакций, и недостаточной изученностью строения, физико-химических, экологических и в особенности эксплуатационных свойств образующихся соединений.

**Цель данного исследования** – разработка физико-химических основ ресурсосберегающей технологии производства дизельного топлива из отходов синтеза ПАВ сульфанола НП-3, а также изучение эксплуатационных и экологических свойств полученного топлива.

### **Аппаратура, методика и техника эксперимента**

Химико-технологический процесс синтеза сульфанола НП-3, реализованный на производственных мощностях ГП «Горловский химический завод» (ГХЗ), осуществляется через последовательные стадии алкилирования, ректификации, сульфирования и нейтрализации. Алкилирование проводят в течение 50 мин при температуре 45–55 °С, атмосферном давлении и мольном соотношении бензол –  $\alpha$ -алкены  $C_{10} - C_{14}$  7:1. Углеводородный состав алкенов, установленный на масс-спектрометре МАТ (об. %):  $C_{10} - 16,4$ ;  $C_{11} - 28,0$ ;  $C_{12} - 30,0$ ;  $C_{13} - 19,8$ ;  $C_{14} - 5,8$ . В отделении ректификации целевой продукт для синтеза ПАВ – детергентную фракцию алкилата с  $t_{кип}$  280–340 °С отделяют от бензола и побочных продуктов, а затем направляют в сульфуратор с  $SO_3$ . Образовавшиеся алкилбензолсульфоислоты нейтрализуют раствором  $NaOH$ , а сульфонол НП-3 выделяют в виде 45 %-ной водной пасты.

Разделение детергентной ( $t_{кип}$  280–340 °С) и средней фракции ( $t_{кип}$  170–280 °С) алкилата проводят в ректификационной колонне (РК), имеющей 20 Р тарелок и 4 теплообменных, которые расположены над глухой тарелкой. Колонна работает при остаточном давлении 12,0 кПа (верх) и 18,6 кПа (низ) и температуре жидкости на глухой тарелке 126 °С и низа колонны 230 °С. Нагретый до 202 °С алкилат поступает на 12-ю или 14-ю тарелку РК; с глухой тарелки отбирается средняя фракция и прокачивается через холодильник.

В состав средней фракции алкилата входит 74 об. % алкано-циклановых веществ и 26 об. % аренов, идентифицированных на приборах Specord-75 IR и Specord UV-Vis. Физико-химические параметры этой фракции оценивали с помощью квалификационных методов испытаний дизельных топлив [4].

Мониторинг токсикантов в ОГ двигателей проводили по следующей методике. Содержание  $CO$ ,  $NO_x$  и  $C_nH_m$  оценивали на газоанализаторе Bosch ETТ в соответствии с европейским испытательным циклом. Концентрацию сажи устанавливали сажемером AVL 409

(фирма AVL – Bosch), а  $\text{SO}_2$  – на универсальном газоанализаторе УГ-2. Обнаружение и количественный анализ формальдегида осуществляли методом вольтамперометрии на потенциостате П-5827 М. Условия измерений: потенциал полуволны  $E_{1/2} = -1,59$  В относительно насыщенного каломельного электрода, фоновый электролит – 0,05 М КОН + 0,1 М КСl. Для определения 3,4-бенз(α)пирена в конденсате выхлопных газов ДВС проводили аналогично [6] последовательно экстракцию, хроматографическое (СНРОМ-4) разделение компонентов и идентификацию по масс-спектру. Концентрацию этого загрязнителя окружающей среды устанавливали методом спектрально-флуоресцентного анализа при длинах волн  $\lambda_{\text{max}(1)} = 403$  нм и  $\lambda_{\text{max}(2)} = 408,5$  нм.

При выявлении оптимальных условий технологического процесса синтеза ПАВ и выделения фракции дизельного топлива, а также при статистической обработке результатов квантово-химических расчетов и экспериментальных исследований свойств дизтоплива, применяли методики и программы, приведенные в [11].

### *Результаты исследований и их обсуждение*

Разработке теоретических основ ресурсосберегающей технологии производства дизельного топлива предшествовало детальное исследование механизма и кинетики реакции алкилирования, строения и активности интермедиатов с помощью комплекса современных физико-химических методов: ЯМР- $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , ЭПР-, масс-, УФ-, ИК-спектроскопия, квантово – химический расчет (полуэмпирические методы АМ1 и РМ3), разновидности вольтамперометрии – циклическая, полярография, на вращающемся дисковом электроде с кольцом, а также хроматография.

При этом установлено, что стадия алкилирования бензола α-алкенами в присутствии  $\text{AlCl}_3$  осуществляется по сложному многомаршрутному механизму и включает ряд взаимосвязанных реакций: собственно алкилирование, изомеризацию, диспропорционирование, полимеризацию, переалкилирование. Скорость как основного, так и побочного процессов зависит от многих факторов: природы алкилирующего реагента и катализатора, среды, строения аренов, соотношения концентраций реагентов и растворителей, условий протекания реакции.

В итоге среди изученных алкилирующих реагентов бензола (алкены, алкилгалогениды, кислородсодержащие соединения, цикланы и алканы) были выбраны α-алкены  $\text{C}_{10} - \text{C}_{14}$ , поскольку они многотоннажные промышленные продукты [12] и отличаются высокой реакционной способностью. Среди инициаторов (кислоты Льюиса, протонные кислоты) активен  $\text{AlCl}_3$ , образующий с аренами каталитический комплекс, который был использован в химико-технологическом процессе.

В таблице 1 приведены установленные с помощью квалификационных методов испытаний дизельных топлив [4] физико-химические и эксплуатационные свойства средней фракции алкилата ( $t_{\text{кип}} 170-280$  °С) синтеза ПАВ.

Таблица 1 – Физико-химические и эксплуатационные показатели качества дизельного топлива, полученного из промышленных отходов синтеза ПАВ

Показатель	Значение	Величина для дизтоплива марки 3 (ГОСТ 305-2013)
1	2	3
Цетановое число, не менее	49	45
Фракционный состав:		
$t_{50}$ %, °С, не выше	237	280
$t_{96}$ %, °С, не выше	280	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,4	1,8–5,0
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	–38	–35

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	45	30
Зольность, %, не более	0,0006	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,05	0,20
Испытание на медной пластинке	выдерживает	выдерживает
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	816	843,4
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие	отсутствие
Массовая доля сероводорода	отсутствие	отсутствие
Массовая доля серы, мг/кг, не более	10	500
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,0005	0,01
Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	0,5	6
Кислотность, мг КОН на 100 мл топлива	0,1	5
Общее загрязнение мг/кг, не более	3	24
Содержание воды, мг/кг, не более	15	200

Видно, что среднюю фракцию алкилата целесообразно использовать в качестве дизельного топлива марки ДТ-3-минус 35 К 2 без дополнительного компаундирования. Результаты ранее проведенных испытаний в различных АТП Донбасса подтверждают этот вывод. Моторное топливо имеет высокую теплоту сгорания 42950 кДж/кг, отличается хорошей самовоспламеняемостью (ЦЧ = 49, цетановый индекс 58) и низкотемпературными свойствами (без введения депрессорных присадок), очень низким содержанием неактивных соединений серы, т. е. в процессе его получения исключается характерная для нефтепереработки [12] дорогостоящая стадия гидроочистки прямогонных дизельных фракций. Серией специальных экспериментов по длительному хранению установлено, что в течение пяти лет топливо сохраняет высокую химическую стабильность: оптическая плотность его возросла с 0,04 до 0,06; содержание фактических смол увеличилось с 1,0 до 5,0, кислотность – с 0,1 до 2,0 мг КОН на 100 мл дизтоплива.

Невысокая агрессивность ОГ ДВС (таблица 2) отвечает составу загрязнителей атмосферы, которые образуются при сгорании нефтяного моторного топлива с улучшенными экологическими показателями.

Таблица 2 – Содержание (об. %) токсичных компонентов в ОГ автомобильного двигателя, работающего на полученном дизельном топливе

Вещество	Значение	Концентрации для ОГ нефтяного дизтоплива [5]
Оксид углерода CO	0,01	0,01–0,50
Углеводороды C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,01	0,009–0,50
Оксиды азота NO <sub>x</sub>	0,11	0,002–5,0
Альдегиды R-CH = O, мг/л	0,0014	0,001–0,009
Диоксид серы SO <sub>2</sub>	0,01	0,05–0,20
Сажа, г/м <sup>3</sup>	0,03	0,01–1,10
3,4-бенз(α)пирен, мкг/м <sup>3</sup>	0,50	0,5–1,0

При сопоставлении данных, приведенных в таблицах 1, 2, обнаруживается определенная корреляция состава и свойств полученного дизельного топлива и экологической агрессивности вредных ингредиентов в ОГ ДВС.

Невысокая концентрация аренов (26 об. %) в моторном топливе отражается на сравнительно небольшом количестве в ОГ сажи, 3,4-бенз( $\alpha$ )пирена, эмиссии формальдегида, оксидов азота, а незначительное содержание неактивных сернистых соединений в топливе обуславливает образование SO<sub>2</sub> при его сгорании в количестве 0,01 %.

В предлагаемой технологии дизельное топливо получают без снижения выхода и качества целевого ПАВ.

Технология получения дизтоплива из отходов производства сульфонола НП-3 внедрена нами на ГХЗ. Характерно, что отделение дизтоплива от детергентной фракции синтеза ПАВ осуществляется без нарушения режима основного технологического процесса. Последнее наряду с несложным аппаратным оформлением процесса ректификации, а также небольшими производственными затратами, весьма существенно при разработке и внедрении схем перспективных технологий, решении проблем химмотологии и защиты окружающей среды.

### **Выводы**

1. Обсуждены тенденции развития, проблемы и перспективы применения альтернативных топлив на автомобильном транспорте и в его инфраструктуре. Отмечено, что квалифицированному использованию промышленных отходов химического и нефтехимического комплексов уделяется недостаточное внимание.

2. Изучены механизм и кинетика процесса алкилирования бензола  $\alpha$ -алкенами C<sub>10</sub> – C<sub>14</sub> в присутствии хлорида алюминия, а также строение, физико-химические, экологические и эксплуатационные свойства образующихся соединений.

3. Разработана и внедрена в производство на ГХЗ ресурсосберегающая технология получения зимнего дизельного топлива из отходов синтеза ПАВ сульфонола НП-3.

4. С помощью комплекса современных физико-химических методов исследования и квалификационных испытаний изучены состав, структура, эксплуатационно-технические и экологические свойства полученного дизтоплива.

5. Установлено, что все характеристики средней фракции алкилата синтеза ПАВ соответствуют нормативам качества для дизельного топлива марки ДТ-З-минус 35 К 2.

6. Исследования экологической эффективности применения дизтоплива показали, что состав и концентрация токсикантов в ОГ ДВС совпадают с составом и содержанием загрязнителей атмосферы, образующихся при сгорании лучших сортов топлив нефтяного происхождения.

### **Список литературы**

1. Бойченко, С. В. Моторные топлива и масла для современной техники: Монография / С. В. Бойченко, С. В. Иванов, В. Г. Бурлака. – К.: НАУ, 2005. – 216 с.
2. Васильева, Л. С. Эксплуатационные материалы для подвижного состава автомобильного транспорта / Л. С. Васильева. – М.: Наука, 2014. – 144 с.
3. Колесник, П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте / П. А. Колесник, В. С. Кланица. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
4. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. – Введ. 2013-11-14. – М.: Стандартинформ, 2014 – 11 с.
5. Картошкин, А. П. Топливо для автотракторной техники: справочник / А. П. Картошкин. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 192 с.
6. Otto, M. Analytische Chemie. Zweite, vollstindig überarbeitete Auflage / M. Otto. – Weinheim: WILEY – VCH Verlag GmbH, 2010. – 650 s.
7. Organoplatinum Crystals for Gas-Triggered Switches / M. Olbrecht, M. Lutz, A. Spek, G. van Koten // Nature. – London. – 2000. – Vol. 406. № 3. – P. 970–974.
8. Batyrin, Y. Electromagnetic Metal Forming for Advanced Processing Technologies / Y. Batyrin, M. Barbashova, O. Sobakar. – Cham: Springer, 2018. – 93 p.

9. Митусова, Т. Н. Биодизельные топлива / Т. Н. Митусова, М. В. Калинина // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. – № 2. – С. 16–33.
10. Ланге, К. Р. Поверхностно-активные вещества. Свойства, анализ, применения / К. Р. Ланге. – Спб.: Профессия, 2005. – 240 с.
11. Härdle, W. K. Applied Multivariate Statistical Analysis / W. K. Härdle, L. Simar. – 4<sup>th</sup> Edition. – Cham: Springer, 2015. – 581 p.
12. Брагинский, О. Б. Мирская нефтепереработка: экологическое измерение / О. Б. Брагинский, Э. Б. Шлихтер. – М.: Academia, 2003. – 262 с.

*А. П. Карпинец*

*Автомобильно-дорожный институт ГОУВПО*

*«Донецкий национальный технический университет», г. Горловка*

**Теоретические основы ресурсосберегающей технологии производства зимнего дизельного топлива из промышленных отходов синтеза поверхностно-активных веществ**

Обсуждены тенденции развития, проблемы и перспективы применения альтернативных топлив на автомобильном транспорте и в его инфраструктуре. Отмечено, что квалифицированному использованию промышленных отходов химического и нефтехимического комплекса уделяется недостаточное внимание.

Предложена принципиальная схема производства и выявлены оптимальные условия технологического процесса получения дизельного топлива из промышленных отходов синтеза ПАВ сульфанола НП-3. Топливо производят на стадии алкилирования бензола  $\alpha$ -алкенами в присутствии  $AlCl_3$ , а отделяют от детергентной фракции в колонне блока ректификации.

Изучены механизм и кинетика процесса алкилирования бензола  $\alpha$ -алкенами  $C_{10} - C_{14}$  в присутствии  $AlCl_3$ , а также строение, физико-химические, экологические и эксплуатационные свойства образующихся соединений.

Разработана и внедрена в производство на Горловском химическом заводе ресурсосберегающая технология получения зимнего дизельного топлива из отходов синтеза ПАВ сульфанола НП-3.

С помощью комплекса современных физико-химических методов исследования и квалификационных испытаний изучены состав, структура, эксплуатационно-технические и экологические свойства полученного дизтоплива.

Установлено, что все характеристики средней фракции алкилата ( $t_{кип}$  170–280 °С) соответствуют нормативам качества для дизельного топлива марки ДТ-З-минус 35 К 2 (ГОСТ 305-2013).

Исследования экологической эффективности применения дизтоплива показали, что состав и концентрация загрязнителей атмосферы в ОГ ДВС совпадают с составом и содержанием токсикантов, образующихся при сгорании лучших сортов топлив нефтяного происхождения.

**ЗИМНЕЕ ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗТОПЛИВА, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВА, ОТХОДЫ СИНТЕЗА ПАВ**

*A. P. Karpinets*

*Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka*

**The Theory of the Resource Saving Production Technology of the Winter Diesel Fuel from Industrial Wastes of the Surface Active Substances Synthesis**

Trends, problems and prospects of alternative fuels use in automobile transport and its infrastructure are discussed. It is noted that insufficient attention is paid to the industrial waste qualified application of the chemical and petroleum chemical complexes.

Production basic diagram is suggested and optimal conditions of the technological process to obtain diesel fuel from industrial wastes of the surface-active substances synthesis of the sulfonol NP-3 are identified. The fuel is produced at the stage of the benzene alkylation with  $\alpha$ -ethylenes in the presence of  $AlCl_3$ , and is separated from detergent fraction in the column of the rectification unit.

The mechanism and kinetics of the benzene alkylation with  $\alpha$ -ethylenes  $C_{10} - C_{14}$  in the presence of  $AlCl_3$ , and the structure, physical and chemical, ecological and service properties of formed compounds are studied.

The resource-saving production technology of the winter diesel fuel from industrial wastes of the surface-active substances synthesis of the sulfonol NP-3 is developed and introduced into production at Gorlovka chemical plant.

With the help of a complex of modern physical and chemical research methods and qualification tests, the composition, structure, operational and technical, ecological properties of obtained diesel fuel are studied.

It is determined that all characteristics of the alkylate middle fraction ( $t_{\text{boil}}$ , 170–280 °C) comply with quality standard for diesel fuel of the mark DT-3-minus 35 K 2 (State Standard 305-2013).

Researches of the ecological efficiency of the diesel fuel use have shown that the composition and concentration of air pollutants in burnt gases of internal combustion engines coincide with the composition and content of toxicants formed during combustion of the best fuel grades of oil origin.

WINTER DIESEL FUEL, DIESEL FUEL PRODUCTION TECHNOLOGY, FUEL OPERATIONAL AND ECOLOGICAL PROPERTIES, WASTES OF SURFACE ACTIVE SUBSTANCES SYNTHESIS

**Сведения об авторе:**

**А. П. Карпинец**

SPIN-код: 7644-1653  
SCOPUS ORCID ID: 0000-0003-0424-7791  
Телефон: +38 (050) 535-76-40  
Эл. почта: kf-znd@adidonntu.ru

*Статья поступила 13.09.2018*

*© А. П. Карпинец, 2018*

*Рецензент: С. П. Высоцкий, д-р техн. наук, проф., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»*